

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-156025

(P2002-156025A)

(43) 公開日 平成14年5月31日 (2002.5.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>*</sup> (参考)
F 1 6 H 55/06		F 1 6 H 55/06	3 D 0 3 3
B 6 2 D 5/04		B 6 2 D 5/04	3 J 0 0 9
C 0 8 J 5/08	C F G	C 0 8 J 5/08	3 J 0 3 0
F 1 6 H 1/14		F 1 6 H 1/14	4 F 0 7 2
1/16		1/16	Z
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-203794(P2001-203794)

(22) 出願日 平成13年7月4日 (2001.7.4)

(31) 優先権主張番号 特願2000-271302(P2000-271302)

(32) 優先日 平成12年9月7日 (2000.9.7)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(72) 発明者 黒川 貴則

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

光洋精工株式会社内

(72) 発明者 新井 大和

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

光洋精工株式会社内

(74) 代理人 100095429

弁理士 根本 進

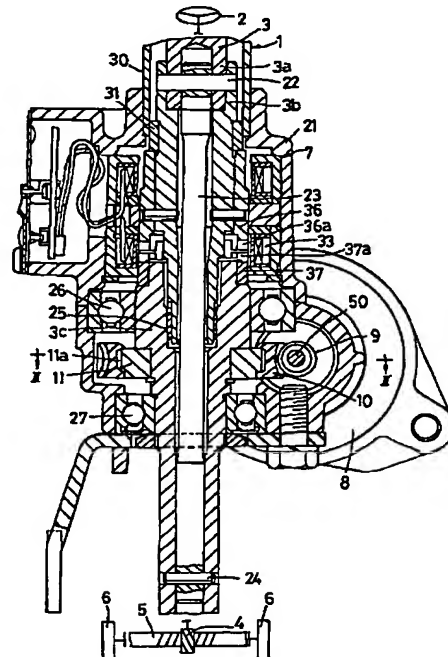
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 操舵補助力発生用電動アクチュエータの回転を伝達する合成樹脂製ウォームホイールの強度を向上し、その電動アクチュエータの高出力化を可能にし、そのウォームホイールを小径化して省スペース化を図ることができる電動パワーステアリング装置を提供する。

【解決手段】 操舵補助力発生用電動アクチュエータ8の回転をウォーム9とウォームホイール10を介して車輪6に伝達する。そのウォームホイール10は合成樹脂材製とされる。そのウォームホイール10の蟻酸法による相対粘度は100以上、300以下とされる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】操舵補助力発生用電動アクチュエータの回転を、ウォームと、このウォームに噛み合うウォームホイールとを介して車輪に伝達する電動パワーステアリング装置において、そのウォームホイールは合成樹脂材により成形され、その成形されたウォームホイールの蟻酸法による相対粘度は100以上、300以下とされていることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項2】前記合成樹脂材は無垢材である請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項3】前記合成樹脂材に強化繊維が充填され、その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合は5重量%以上、10重量%未満とされている請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項4】そのウォームホイールは前記合成樹脂材から射出成形される請求項1～3の中の何れかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項5】そのウォームホイールは金属製スリーブに一体化され、そのウォームホイールは、その金属製スリーブが挿入された状態の成形型内に合成樹脂材が注入されることにより成形され、その金属製スリーブにおけるウォームホイールとの接合部に、そのウォームホイールの歯列が沿う円と同心の円に沿う歯列が形成され、そのウォームホイールを構成する合成樹脂材が、その金属製スリーブに形成された歯の間の凹部内に充填されることで、そのウォームホイールと金属製スリーブとの軸中心の相対回転変位が阻止され、そのスリーブにおける歯のモジュールはウォームホイールの歯のモジュールよりも小さくされる請求項4に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項6】そのウォームホイールを構成する合成樹脂材が、その金属製スリーブに形成された凹部内に充填されることで、そのウォームホイールと金属製スリーブとの相対回転変位が阻止され、その金属製スリーブにおける凹部の開口の最小幅は1mm以上、4mm以下とされ、その金属製スリーブにおける凹部の深さ寸法は4mm以下とされている請求項5に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項7】操舵補助力発生用電動アクチュエータの回転を、ベベルギヤまたはハイボイドギヤにより構成される駆動ギヤと、そのベベルギヤに噛み合うベベルギヤまたはそのハイボイドギヤに噛み合うハイボイドギヤにより構成される従動ギヤとを介して車輪に伝達する電動パワーステアリング装置において、その従動ギヤは合成樹脂材により成形され、その成形された従動ギヤの蟻酸法による相対粘度は100以上、300以下とされていることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項8】前記合成樹脂材に強化繊維が充填され、その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合は5重量%以上、60重量%以下とされていることを特徴とする請求

項7に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項9】前記合成樹脂材は無垢材である請求項7に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項10】前記従動ギヤは前記合成樹脂材から射出成形される請求項7～9の中の何れかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項11】その従動ギヤは金属製スリーブに一体化され、その従動ギヤは、その金属製スリーブが挿入された状態の成形型内に合成樹脂材が注入されることにより成形され、その金属製スリーブにおける従動ギヤとの接合部に、その従動ギヤの歯列が沿う円と同心の円に沿う歯列が形成され、その従動ギヤを構成する合成樹脂材が、その金属製スリーブに形成された歯の間の凹部内に充填されることで、その従動ギヤと金属製スリーブとの軸中心の相対回転変位が阻止され、そのスリーブにおける歯のモジュールは従動ギヤの歯のモジュールよりも小さくされる請求項10に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項12】その従動ギヤを構成する合成樹脂材が、その金属製スリーブに形成された凹部内に充填されることで、その従動ギヤと金属製スリーブとの相対回転変位が阻止され、その金属製スリーブにおける凹部の開口の最小幅は1mm以上、4mm以下とされ、その金属製スリーブにおける凹部の深さ寸法は4mm以下とされている請求項11に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項13】前記合成樹脂材はナイロン系合成樹脂材である請求項1～12の中の何れかに記載の電動パワーステアリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、操舵補助力発生用電動アクチュエータの回転を、ウォーム、ベベルギヤ、またはハイボイドギヤにより構成される駆動ギヤと、この駆動ギヤに噛み合うウォームホイール、ベベルギヤ、またはハイボイドギヤにより構成される従動ギヤを介して車輪に伝達する電動パワーステアリング装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】軽自動車や小型自動車においては、操舵補助力発生用電動アクチュエータの回転を駆動ギヤと従動ギヤを介して車輪に伝達する電動パワーステアリング装置が用いられ、その従動ギヤを合成樹脂材製とすることで軽量化および低騒音化が図られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年、環境問題に対処するために車両の低燃費化が要望されていることから、大型自動車に用いられる電動パワーステアリング装置においても、その従動ギヤを合成樹脂材製とすることが要望されている。そのためには、その電動アクチュエータを軽自動車に比べて高出力化する必要があるため、その

電動アクチュエータの回転を減速する従動ギヤの歯元強度を向上する必要がある。さらには、その従動ギヤの疲労強度、バックラッシュ増加特性を向上すること望まれる。そのバックラッシュ増加特性は、駆動ギヤと従動ギヤをかみあわせた状態で規定の負荷で回転させ、規定の回転数を終えた後のバックラッシュ増加量のことで、そのバックラッシュが過大になると歯打ち音が大きくなるという問題がある。

【0004】しかし、従来の合成樹脂材製従動ギヤは、電動アクチュエータの高出力化に耐え得る十分な歯元強度がなく、疲労強度、バックラッシュ増加特性も十分なものではなかった。

【0005】

【課題を解決するための手段】本件第1発明は、操舵補助力発生用電動アクチュエータの回転を、ウォームと、このウォームに噛み合うウォームホイールとを介して車輪に伝達する電動パワーステアリング装置において、そのウォームホイールは合成樹脂材により成形され、その成形されたウォームホイールの蟻酸法による相対粘度は100以上、300以下とされていることを特徴とする。本件第1発明の構成によれば、電動アクチュエータの回転を伝達するウォームホイールを合成樹脂材製とすることで軽量化および低騒音化を図ることができ、且つ、その合成樹脂材により成形されたウォームホイールの蟻酸法による相対粘度を100以上とすることでウォームホイールの歯元強度を向上でき、その相対粘度を300以下とすることで成形性を確保できる。本件第1発明は以下の知見に基づくものである。金属材料製ギヤに適用される一般的な理論計算式によれば、ギヤの歯元強度はギヤ材料の引っ張り強度、曲げ強度に相関する。しかし、合成樹脂材製ウォームホイールの場合、歯元強度は材料の引っ張り強度、曲げ強度に相関しない。事実、引っ張り強度や曲げ強度を向上するために合成樹脂材に強化繊維を充填した場合、その充填量が過大になると、充填しなかった場合よりも歯元強度は低下した。これは、合成樹脂材製ウォームホイールの歯元強度は、合成樹脂材の弾性に基づく歯に作用する面圧の緩和と、合成樹脂材の強度とのバランスによって定まるためである。そして、その合成樹脂材の粘度を増加させることにより歯元強度を向上できることを新たに見出して本件第1発明をなすに至った。すなわち、合成樹脂材製ウォームホイールの相対粘度を本件第1発明では従来よりも大きな100以上の値とすることでウォームホイールの歯元強度を増大させ、これにより疲労強度、バックラッシュ増加特性も向上させた。また、本件第1発明では合成樹脂材製ウォームホイールの相対粘度を300以下とすることで成形性を確保できる。

【0006】本件第1発明における前記合成樹脂材は無垢材であるのが好ましい。これにより、そのウォームホイールに噛み合うウォームの摩耗を、そのウォームを熱

処理することなく防止できる。

【0007】本件第1発明における前記合成樹脂材に強化繊維が充填され、その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合は5重量%以上、10重量%未満とされているのが好ましい。その強化繊維の充填により、その合成樹脂材の吸水や熱による寸法変化を防止してウォームホイールの寸法安定性を向上できる。この際、ウォームを摩耗防止のため熱処理して硬化させるのが好ましい。その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合を10重量%未満とすることで、合成樹脂材の弾性に基づく歯に作用する面圧の緩和を確保し、ウォームホイールの歯元強度の低下を防止でき、5重量%以上とすることで、その合成樹脂材中に強化繊維を均一に分散させることができる。

【0008】そのウォームホイールは金属製スリーブに一体化され、そのウォームホイールは、その金属製スリーブが挿入された状態の成形型内に合成樹脂材が注入されることにより成形され、その金属製スリーブにおけるウォームホイールとの接合部に、そのウォームホイールの歯列が沿う円と同心の円に沿う歯列が形成され、そのウォームホイールを構成する合成樹脂材が、その金属製スリーブに形成された歯の間の凹部内に充填されることで、そのウォームホイールと金属製スリーブとの軸中心の相対回転変位が阻止され、そのスリーブにおける歯のモジュールはウォームホイールの歯のモジュールよりも小さくされるのが好ましい。そのスリーブの外周における歯のモジュールが従動ギヤの歯のモジュールよりも小さくされることで、電動アクチュエータの回転力をウォームホイールの歯で受けると同時にスリーブの歯でも受けられることができる。この場合、そのウォームホイールを構成する合成樹脂材が、その金属製スリーブに形成された凹部内に充填されることで、そのウォームホイールと金属製スリーブとの相対回転変位が阻止され、その金属製スリーブにおける凹部の開口の最小幅は1mm以上、4mm以下とされ、その金属製スリーブにおける凹部の深さ寸法は4mm以下とされているのが好ましい。これにより合成樹脂材製のウォームホイールと金属製スリーブとを一体化し、その金属製スリーブを介してウォームホイールを回転体の外周に圧入したりキー等を介して強固に固定することが可能になる。その凹部の開口寸法の最小幅が1mm以上とされることで、成形時における合成樹脂材の流動性を確保して凹部内に確実に合成樹脂材を充填でき、その凹部の開口寸法の最小幅と深さ寸法が4mm以下とされることで、ボイド発生を防止して強度低下を阻止できる。

【0009】本件第2発明は、操舵補助力発生用電動アクチュエータの回転を、ベベルギヤまたはハイボイドギヤにより構成される駆動ギヤと、そのベベルギヤに噛み合うベベルギヤまたはそのハイボイドギヤに噛み合うハイボイドギヤにより構成される従動ギヤとを介して車輪に伝達する電動パワーステアリング装置において、その

従動ギヤは合成樹脂材により成形され、その成形された従動ギヤの蟻酸法による相対粘度は100以上、300以下とされていることを特徴とする。本件第2発明の構成によれば、電動アクチュエータの回転を伝達する従動ギヤを合成樹脂材製とすることで軽量化および低騒音化を図ることができ、且つ、その合成樹脂材により成形された従動ギヤの蟻酸法による相対粘度を100以上とすることで従動ギヤの歯元強度を向上でき、その相対粘度を300以下とすることで成形性を確保できる。本件第2発明においては、合成樹脂材製従動ギヤの相対粘度を従来よりも大きな100以上の値とすることで従動ギヤの歯元強度を増大させ、これにより疲労強度、バックラッシュ増加特性も向上させた。また、本件第2発明では合成樹脂材製従動ギヤの相対粘度を300以下とすることで成形性を確保できる。

【0010】本件第2発明における前記合成樹脂材に強化繊維が充填され、その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合は5重量%以上、60重量%以下とされているのが好ましい。本件第2発明においては、その強化繊維の充填により合成樹脂材の吸水や熱による寸法変化を防止して従動ギヤの寸法安定性を向上でき、さらに、従動ギヤの強度低下を防止できる。その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合を5重量%以上とすることで、その合成樹脂材中に強化繊維を均一に分散させることができる。その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合を60重量%以下とすることで成形性の確保ができる。なお、この場合は駆動ギヤを摩耗防止のため熱処理して硬化させるのが好ましい。

【0011】本件第2発明における従動ギヤを成形する合成樹脂材は無垢材であってもよい。これにより、その従動ギヤに噛み合う駆動ギヤの摩耗を、その駆動ギヤを熱処理することなく防止できる。

【0012】本件第2発明における従動ギヤは金属製スリーブに一体化され、その従動ギヤは、その金属製スリーブが挿入された状態の成型型内に合成樹脂材が注入されることにより成形され、その金属製スリーブにおける従動ギヤとの接合部に、その従動ギヤの歯列が沿う円と同心の円に沿う歯列が形成され、その従動ギヤを構成する合成樹脂材が、その金属製スリーブに形成された歯の間の凹部内に充填されることで、その従動ギヤと金属製スリーブとの軸中心の相対回転変位が阻止され、そのスリーブにおける歯のモジュールは従動ギヤの歯のモジュールよりも小さくされるのが好ましい。そのスリーブの外周における歯のモジュールが従動ギヤの歯のモジュールよりも小さくされることで、電動アクチュエータの回転力を従動ギヤの歯で受けると同時にスリーブの歯でも受けすることができる。この場合、その従動ギヤを構成する合成樹脂材が、その金属製スリーブに形成された凹部内に充填されることで、その従動ギヤと金属製スリーブとの相対回転変位が阻止され、その金属製スリーブにお

ける凹部の開口の最小幅は1mm以上、4mm以下とされ、その金属製スリーブにおける凹部の深さ寸法は4mm以下とされているのが好ましい。これにより合成樹脂材製の従動ギヤと金属製スリーブとを一体化し、その金属製スリーブを介して従動ギヤを回転体の外周に圧入したりキー等を介して強固に固定することが可能になる。その凹部の開口寸法の最小幅が1mm以上とされることで、成形時における合成樹脂材の流動性を確保して凹部内に確実に合成樹脂材を充填でき、その凹部の開口寸法の最小幅と深さ寸法が4mm以下とされることで、ボイド発生を防止して強度低下を阻止できる。さらに、その従動ギヤの歯底と金属製スリーブの歯頂との距離が2mm以上、4mm以下とされているのが好ましい。その従動ギヤの歯底と金属製スリーブの歯頂との距離が2mm以上とされることで、従動ギヤの強度と耐久寿命を確保でき、その距離が4mm以下とされることでボイド発生を防止して強度低下を阻止できる。

【0013】本件各発明におけるウォームホイールおよび従動ギヤは合成樹脂材から射出成形されるのが好ましい。射出成形することで成形コストを低減できる。その射出成形のための成型型のゲートはフィルムゲートとされるのが好ましい。これにより、その成型型のキャビティ内に射出される合成樹脂材の相対粘度が大きくても、そのキャビティ内に合成樹脂材を均一に充填して成形性の低下を防止できる。

【0014】本件各発明におけるウォームホイールおよび従動ギヤを整形する合成樹脂材はナイロン系合成樹脂材であるのが好ましい。高粘度ナイロンにおいては、材料自身の引っ張り強度や曲げ強度等の初期強度は、通常粘度の合成樹脂材とかわりないが、高粘度ナイロン製ウォームホイールおよび従動ギヤでは歯元強度が高くなり、粘度が高くなっても吸水や熱劣化に関する性能が低下することはない。また、ナイロン系合成樹脂材は相対粘度が高くても成形性に優れると共に長寿命化を図れる。

【0015】

【発明の実施の形態】図1に示す第1実施形態の車両用電動パワーステアリング装置1は、ステアリングホイール2の操舵により発生する操舵トルクを、ステアリングシャフト3によりピニオン4に伝達することで、そのピニオン4に噛み合うラック5を移動させる。そのラック5の動きがタイロッドやナックルアーム等（図示省略）を介して車輪6に伝達されることで舵角が変化する。

【0016】そのステアリングシャフト3により伝達される操舵トルクに応じた操舵補助力を付与するため、その操舵トルクを検出するトルクセンサ7と、その検出された操舵トルクに応じ駆動されるモータ（電動アクチュエータ）8と、そのモータ8により駆動される駆動シャフト50の外周に設けられる金属製ウォーム9と、そのウォーム9に噛み合うと共にステアリングシャフト3に

取り付けられるウォームホイール10とが設けられている。そのモータ8の回転をウォーム9およびウォームホイール10を介してステアリングシャフト3から車輪6に伝達することで操舵補助力を付与できる。図2に示すように、ハウジング21に取り付けられるモータ8により駆動される駆動シャフト50は、そのハウジング21により軸受62、63を介して支持される。

【0017】そのステアリングシャフト3は、ステアリングホイール2に連結される第1シャフト3aと、この第1シャフト3aにピン22により連結される筒状の第2シャフト3bと、この第2シャフト3bの外周にブッシュ25を介して相対回転可能に嵌め合わされる筒状の第3シャフト3cとに分割されている。各シャフト3a、3b、3cの中心に沿って弾性部材としてトーションバー23が挿入されている。そのトーションバー23の一端は第1シャフト3aと第2シャフト3bとに前記ピン22により連結され、他端はピン24により第3シャフト3cに連結されている。これにより、その第2シャフト3bと第3シャフト3cとは操舵トルクに応じて弾性的に相対回転可能とされている。

【0018】その第2シャフト3bは、そのハウジング21に圧入されたステアリングコラム30によりブッシュ31を介して支持される。その第3シャフト3cは、ハウジング21により軸受26、27を介して支持される。その第3シャフト3cの外周に嵌め合わされる金属製スリーブ11の外周に、上記ウォームホイール10が一体化されている。そのスリーブ11は第3シャフト3cに、圧入されたり、キー等を介して強固に固定される。なお、過大なトルクが作用した場合にウォームホイール10とステアリングシャフト3とが相対回転するように、トルクリミッター機構がスリーブ11と第3シャフト3cとの間に設けられてもよい。

【0019】そのトルクセンサ7は、第2シャフト3bに固定される磁性材製の第1検出リング36と、第3シャフト3cに固定される磁性材製の第2検出リング37と、両検出リング36、37の対向間を覆う検出コイル33とを有する。第1検出リング36の端面に周方向に沿って設けられる複数の歯36aと、第2検出リング37の端面に周方向に沿って設けられる複数の歯37aとの対向面積が、第2シャフト3bと第3シャフト3cの操舵トルクに応じた弾性的な相対回転に応じて変化し、その変化に対応して検出コイル33の発生磁束に対する磁気抵抗が変化することから、その検出コイル33の出力に基づき操舵トルクが検出できる。このトルクセンサ7は公知の構成のものを用いることができる。その検出された操舵トルクに対応した信号に応じて上記モータ8が駆動され、このモータ8の回転はウォーム9、ウォームホイール10を介してステアリングシャフト3に伝達される。

【0020】そのモータ8の回転の減速ギヤであるウォ

ームホイール10は合成樹脂材製とされ、射出成形工程を経て形成されている。その形成されたウォームホイール10の相対粘度(VR)は蟻酸法により測定した値が100以上、300以下とされている。その合成樹脂材は、本実施形態では例えばPA(ポリアミド)6、PA66、PA46、PA12、PA11、PPA(ポリパラベン酸)、PA6T、PA6・6Tのような高粘度のナイロン系合成樹脂材とされ、他の材料は何も充填されていない無垢材とされている。

【0021】そのウォームホイール10の相対粘度が大きくなると、原料となる合成樹脂製ペレットの粘度も大きくなる。そうすると、そのペレットを溶融した溶液の粘度が大きくなるので、その溶液を成形型のキャビティ内に射出してウォームホイール10を成形する際の成形性が低下する。そのため本実施形態では、図3に示すように、ウォームホイール10の成形型90のゲート90aはフィルムゲートとされている。これにより、その相対粘度が大きくても、キャビティ90b内に材料を均一に充填できるようにしている。なお、材料をキャビティ90b内に均一に充填するためにゲート90aの肉厚tは2.5mm以上とするのが好ましく、ランナー90cの長さLは短い程に好ましいが金型剛性を確保する必要があることから40mm以上50mm以下とするのが好ましく、そのランナー90cの入口径D1は材料の流動抵抗低減のために4mm以上とすると共に材料射出ノズルの径(通常3mm)との段差による抵抗低減のために6mm以下とするのが好ましく、そのランナー90cの出口径D2は材料の流動抵抗低減のために13mm以上として最大径はゲート90aの直径に等しくしてもよい。

【0022】その射出成形に際して、上記スリーブ11が挿入された状態の成形型90内に合成樹脂材が注入されることでウォームホイール10は成形され、その成形後にゲート90aやランナー90cに充填された材料の除去やウォームホイール10の歯の仕上げ等を機械加工により行っている。そのスリーブ11におけるウォームホイール10との接合部である外周に、そのウォームホイール10の歯列が沿う円と同心の円に沿う歯列が形成されている。そのスリーブ11における各歯の間の凹部11a内にウォームホイール10を構成する合成樹脂材が充填されることで、そのウォームホイール10とスリーブ11との軸中心の相対回転変位と径方向相対変位とが阻止される。また、そのウォームホイール10がスリーブ11の両端面を抱き込むように成形されることで、ウォームホイール10とスリーブ11との軸方向相対変位が阻止される。そのスリーブ11の凹部11aの開口における最小幅、すなわちスリーブ11の外周における各歯の隣接する歯との歯頂での周方向相対距離は、1mm以上、4mm以下とされ、また、その凹部11aの深さ寸法は4mm以下とされている。その凹部11aの開

口の最小幅が1mm以上とされることで、成形時における合成樹脂材の流動性を確保して凹部11a内に確実に合成樹脂材を充填でき、その凹部11aの開口の最小幅と深さ寸法が4mm以下とされることで、ボイド発生を防止して強度低下を阻止できる。なお、その凹部11aの形状は特に限定されず、例えば軸方向視で半径0.5mm以上の半円形内面を有するものや、スリーブ11の外周における歯がインボリュート歯形を有するスパークヤ状とされるものや、ピッチ1mm以上のローレット状とすることができる。さらに、そのスリーブ11の外周における歯のモジュールはウォームホイール10の歯のモジュールよりも小さくされるのが好ましく、これにより、モータ8の回転力をウォームホイール10の歯で受けると同時にスリーブ11の歯でも受けることができる。

【0023】上記第1実施形態の構成によれば、モータ8の回転を伝達するウォームホイール10を合成樹脂材製とすることで軽量化および低騒音化を図ることができ、且つ、そのウォームホイールの相対粘度を100以上とすることでウォームホイールの歯元強度、疲労強度、バックラッシュ増加特性を向上でき、その相対粘度を300以下とすることで成形性を確保できる。また、高粘度ナイロン製のウォームホイールは歯元強度が高く、粘度が高くなっても吸水や熱劣化に関する性能が低下することはない。そのウォームホイール10を合成樹脂材から射出成形することで成形コストを低減できる。その合成樹脂材は無垢材であるので、ウォーム9を熱処理することなくウォーム9の摩耗を防止できる。

【0024】図4に示す第2実施形態の車両用電動パワーステアリング装置101は、ステアリングホイール102の操舵により発生する操舵トルクを、ステアリングシャフト103によりピニオン104に伝達することで、そのピニオン104に噛み合うラック105を移動させる。そのラック105の動きがタイロッドやナックルアーム等(図示省略)を介して車輪(図示省略)に伝達されることで舵角が変化する。

【0025】そのステアリングシャフト103により伝達される操舵トルクに応じた操舵補助力を付与するため、その操舵トルクを検出するトルクセンサが、そのラック105を覆うラックハウジング121に一体化されたセンサハウジング122に内蔵されている。そのトルクセンサは上記第1実施形態と同様の公知の構成のものを用いることができる。その検出された操舵トルクに対応した信号に応じて駆動されるモータ(電動アクチュエータ)108が、ラックハウジング121に取り付けられたモータホルダ123に取り付けられている。

【0026】そのモータ108の回転をラック105に伝達する回転伝達機構150が設けられている。その回転伝達機構150は、そのモータ108により駆動されると共にモータホルダ123によりベアリング124を

介して支持される駆動シャフト151と、その駆動シャフト151に一体化される金属製駆動側ベベルギヤ(駆動ギヤ)152と、その駆動側ベベルギヤ152に噛み合う従動側ベベルギヤ(従動ギヤ)153と、その従動側ベベルギヤ153に金属製スリーブ154を介して同行回転可能に挿入されると共にラックハウジング121によりベアリング155を介して支持されているボールナット156と、そのボールナット156に噛み合うようにラック105の外周に一体的に設けられているボールスクリュウ157とを有する。これにより、そのモータ108の回転を駆動側ベベルギヤ152および従動側ベベルギヤ153を介してボールナット156に伝達し、このボールナット156の回転をボールスクリュウ157によりラック105の軸方向変位に変換し、車輪に伝達することで操舵補助力を付与できる。そのスリーブ154はボールナット156に、圧入されたり、キー等を介して強固に固定される。

【0027】そのモータ108の回転の減速ギヤである従動側ベベルギヤ153は合成樹脂材製とされ、射出成形工程を経て成形されている。その成形された従動側ベベルギヤ153の蟻酸法による相対粘度(VR)は、100以上、300以下とされている。その合成樹脂材は、本実施形態では例えばPA(ポリアミド)6、PA66、PA46、PA12、PA11、PPA(ポリパラバン酸)、PA6T、PA6・6Tのような高粘度のナイロン系合成樹脂材とされる。

【0028】その従動側ベベルギヤ153を構成する合成樹脂材に強化繊維が充填されている。その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合は5重量%以上、60重量%以下とされる。その強化繊維として本実施形態ではガラス繊維が充填される。なお、その強化繊維はガラス繊維に限定されず、例えばカーボン繊維、チタン酸カリウムウイスカーやアラミド繊維等を充填してもよい。

【0029】その射出成形に際して、図5に示すように、上記スリーブ154が挿入された状態の成型型190内に合成樹脂材が注入されることで、従動側ベベルギヤ153が成形されると共にスリーブ154に一体化される。その成形後にゲート190aやランナー190cに充填された材料の除去や従動側ベベルギヤ153の歯の仕上げ等を機械加工により行っている。

【0030】図6の(1)、(2)に示すように、そのスリーブ154は、円筒状の周壁154aを有し、この周壁154aの一端側が従動側ベベルギヤ153の中心孔に挿入状態となる。その周壁154aの他端から径方向外方に突出する張出部154bと、この張出部154bの外周側から周壁154aの一端側に向かい突出する環状突出部154cとを有する。その環状突出部154cは従動側ベベルギヤ153との接合部とされ、ここに複数の歯154dにより構成される歯列が、従動側ベベルギヤ153の歯153aにより構成される歯列が沿う



円と同心の円に沿うように形成されている。そのスリーブ154における各歯154dの間の凹部154e内に従動側ベベルギヤ153を構成する合成樹脂材が充填されることで、その従動側ベベルギヤ153とスリーブ154との軸中心の相対回転変位が阻止される。また、その周壁154aの外周と環状突出部154cの内周との間が円環状凹部154fとされ、その円環状凹部154fに従動側ベベルギヤ153を構成する合成樹脂材が充填されることで、従動側ベベルギヤ153とスリーブ154との径方向相対変位が阻止される。その環状突出部154cの外端部154c'は張出部154bよりも径方向外方に突出するものとされている。その外端部154c'を抱き込むように従動側ベベルギヤ153が成形されることで、従動側ベベルギヤ153とスリーブ154との軸方向相対変位が阻止される。

【0031】そのスリーブ154の各歯154dの間における凹部154eの開口の最小幅W1、すなわちスリーブ154の外周の各歯154dの隣接する歯との歯頂での周方向距離は、1mm以上、4mm以下とされ、また、その凹部154eの深さ寸法W2は4mm以下とされている。なお、その凹部154eの形状は特に限定されず、例えば軸方向視で半径0.5mm以上の半円形内面を有するものや、歯154dが従動側ベベルギヤ153と同様の歯形を有するものや、ピッチ1mm以上のローレット状とすることができる。さらに、そのスリーブ154の外周における歯154dのモジュールは従動側ベベルギヤ153の歯のモジュールよりも小さくされ、これにより、モータ108の回転力を従動側ベベルギヤ153の歯で受けると同時にスリーブ154の歯154dでも受けすることができる。そのスリーブ154の円環状凹部154fの開口の最小幅W3、すなわち周壁154aの外周と環状突出部154cの内周との距離は、1mm以上、4mm以下とされる。その円環状凹部154fの深さ寸法W4は1mm以上、4mm以下とされる。その張出部154bの外周と環状突出部154cの外端部154c'の外周との距離W5は1mm以上、4mm以下とされる。その張出部154bの外周の軸方向距離W6は1mm以上、4mm以下とされる。その環状突出部154cの外端部154c'における軸を含む断面の外周は半円に沿うものとされ、その半円の直径W7は1mm以上、4mm以下とされる。上記寸法W1、W3～W7が1mm以上とされることで、成形時における合成樹脂材の流動性を確保して確実に合成樹脂材を充填できる。また、上記寸法W1～W7が4mm以下とされることで、ボイド発生を防止して強度低下を阻止できる。その従動側ベベルギヤ153の歯底とスリーブ154の歯頂との距離W8は2mm以上、4mm以下とされている。その距離W8が2mm以上とされることで、従動側ベベルギヤ153の強度と耐久寿命を確保でき、4mm以下とされることでボイド発生を防止して強度低下を阻

止できる。

【0032】上記第2実施形態の構成によれば、モータ108の回転を伝達する従動側ベベルギヤ153を合成樹脂材製とすることで軽量化および低騒音化を図ることができる。その合成樹脂材製従動側ベベルギヤ153の相対粘度を従来よりも大きな100以上の値とすることで歯元強度を増大させ、これにより疲労強度、バックラッシュ増加特性も向上させることができる。また、その合成樹脂材製従動側ベベルギヤ153の相対粘度を300以下とすることで成形性を確保できる。その合成樹脂材に強化繊維を充填することで従動側ベベルギヤ153の強度低下を防止でき、合成樹脂材の吸水や熱による寸法変化を防止して寸法安定性を向上できる。その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合を5重量%以上とすることで、その合成樹脂材中に強化繊維を均一に分散させることができる。その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合を60重量%以下とすることで、過剰な添加による不具合がなく、成形性の確保ができる。その強化繊維の合成樹脂材に対する充填割合は、10重量%以上、30重量%以下とするのがより好ましい。また、高粘度ナイロン製のウォームホイールは歯元強度が高く、粘度が高くなっても吸水や熱劣化に関する性能が低下することはない。その従動側ベベルギヤ153を合成樹脂材から射出成形することで成形コストを低減できる。なお、その駆動側ベベルギヤ152の歯は摩耗を防止する上では熱処理して硬化させるのが好ましい。

【0033】本発明は上記各実施形態に限定されない。例えば、第1実施形態におけるウォームホイールの材料である合成樹脂材に強化繊維を5重量%以上、10重量%未満充填してもよく、強化繊維の充填により、その合成樹脂材の吸水や熱による寸法変化を防止して寸法安定性を向上できる。その強化繊維としては、そのウォームホイールに噛み合うウォームの摩耗を防止する上ではチタン酸カリウムビスカーやアラミド繊維等とするのが好ましい。また、上記第2実施形態における従動ギヤを構成する合成樹脂材を無垢材としてもよい。その第2実施形態においてベベルギヤに代えてハイボイドギヤを駆動ギヤおよび従動ギヤとして用いてもよい。また、本件第1発明におけるウォームホイール、第2発明における従動ギヤの材料として、ナイロン系以外のPPS（ポリフェニレンスルフィド）、PES（ポリエーテルスルホン）、POM（ポリアセタール）等の熱可塑性合成樹脂材を用いてもよい。

【0034】

【実施例1】上記第1実施形態のウォームホイールの歯元強度試験と疲労強度試験と耐久試験を行った。そのウォームホイールをPA66の無垢材から射出成形し、蟻酸法による相対粘度を50、90としたものを比較例a、bとし、140、180、200としたものを実施例c、d、eとした。その歯元強度試験は、ウォームホ

イールをロックした状態でウォームにトルクを付加し、そのウォームホイールの歯が破損した時のウォームに付加したトルクをウォームホイールの歯元強度として測定した。その疲労強度試験は、車輪側から一定の負荷を作用させた状態で、ステアリングホイールを一定回転角度で往復回転させ、そのウォームホイールの歯が破損した時の往復回転数を測定した。その耐久試験は、車輪側から一定の負荷を作用させた状態で、ステアリングホイール\*

＊ルを一定回転角度で一定回数だけ往復回転させ、ウォームホイールの歯の摩耗量に対応する値としてウォームホイールの歯とウォームの歯との間のバックラッシ量を測定した。以下の表1に各試験結果を示す。なお、各測定値は比較例aの値を1として、その比較例aの値に対する比率で表している。

【0035】

【表1】

	比較例		実施例		
	a	b	c	d	e
歯元強度	1	1.73	2.09	2.73	3.00
往復回転数	1	3.3	5.7	9.3	13.2超
バックラッシ量	1	0.9	0.72	0.51	0.2

【0036】上記実施例1から本件第1発明によれば合成樹脂製ウォームホイールの強度向上、長寿命化、バックラッシ増加特性の向上を図れることを確認できる。

【0037】

【実施例2】上記第2実施形態の従動側ベベルギヤの歯元強度試験を行った。その従動側ベベルギヤを蟻酸法による相対粘度が180のPA66の無垢材から射出成形したものを実施例、蟻酸法による相対粘度が60のPA66の無垢材から射出成形したものを比較例とした。その歯元強度試験は、従動側ベベルギヤをロックした状態で駆動側ベベルギヤにトルクを付加し、その従動側ベベルギヤの歯が破損した時の駆動側ベベルギヤに付加したトルクを従動側ベベルギヤの歯元強度として測定した。その結果、比較例のトルクは35N・mであり、実施例のトルクは51N・mであった。上記実施例2から本件第2発明によれば合成樹脂製駆動側ベベルギヤの強度向上を図れることを確認できる。

【0038】

【発明の効果】本発明によれば、操舵補助力発生用電動アクチュエータの回転を伝達する合成樹脂製のウォームホイール、ベベルギヤ、ハイポイドギヤの強度を向上し、その電動アクチュエータの高出力化を可能にし、その従動ギヤを小径化して省スペース化を図ることができ、さらに吸水や熱劣化に関する性能の低下を防止して

20 長寿命化を図ることができる電動パワーステアリング装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の電動パワーステアリング装置の断面図

【図2】図1のII-II線断面図

【図3】本発明の第1実施形態のウォームホイールの成型の構成説明図

【図4】本発明の第2実施形態の電動パワーステアリング装置の断面図

30 【図5】本発明の第2実施形態の従動側ベベルギヤの成型の構成説明図

【図6】本発明の第2実施形態の電動パワーステアリング装置における(1)は従動側ベベルギヤとスリーブの断面図、(2)はスリーブの部分平面図

【符号の説明】

6 車輪

8、108 モータ

9 ウォーム

10 ウォームホイール

40 11 スリーブ

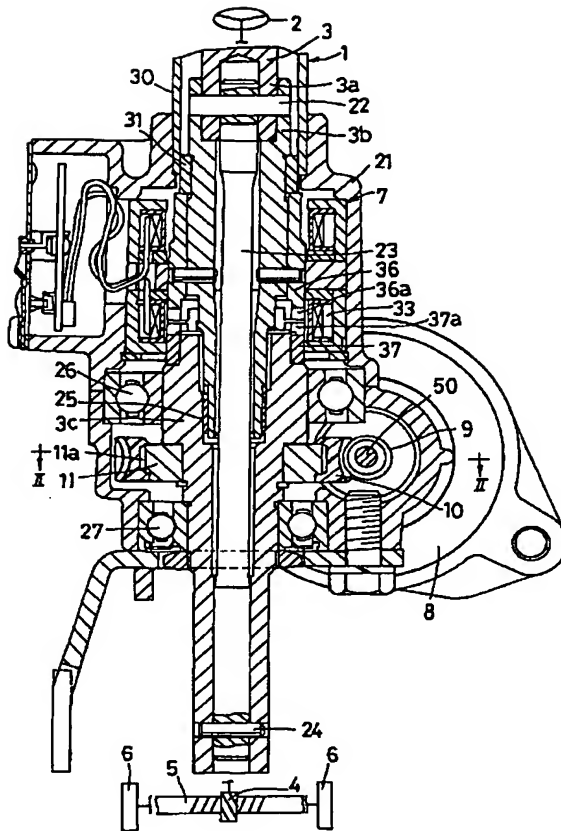
152 駆動側ベベルギヤ

153 従動側ベベルギヤ

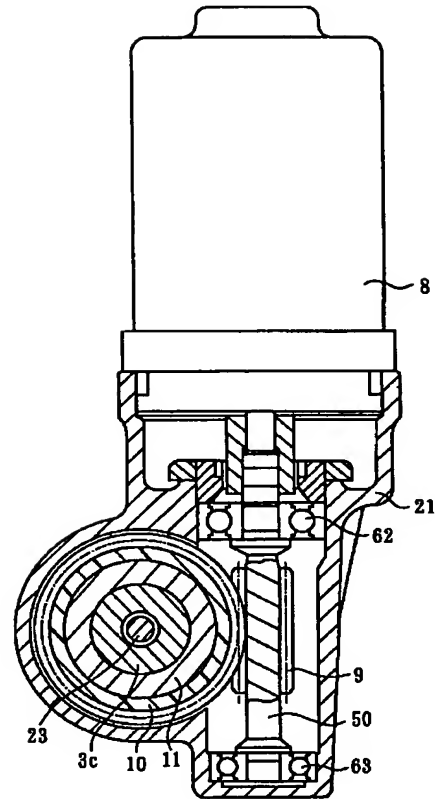
154 スリーブ



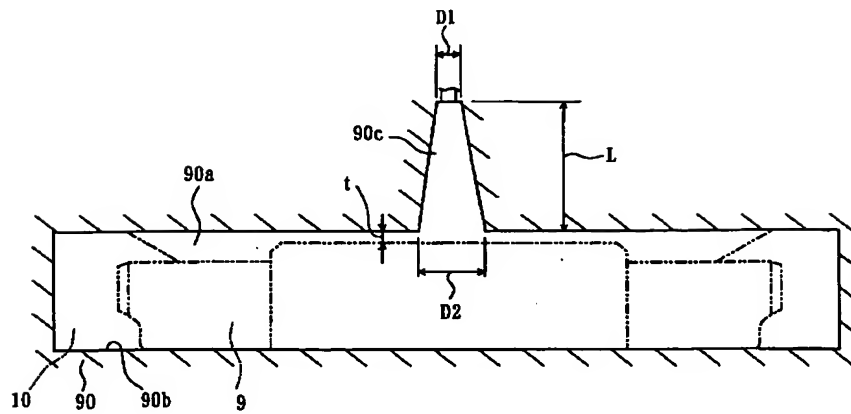
【図1】



【図2】



【図3】





フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

F 1 6 H 55/17

F 1 6 H 55/17

Z

// C 0 8 L 77:00

C 0 8 L 77:00

F ターム(参考) 3D033 CA04

3J009 DA16 DA17 EA16 EA19 EA23

EA32 EB06 FA08

3J030 BA02 BA03 BB16 BC08 CA10

4F072 AA02 AB09 AD44 AG04 AH05

AK04 AK15 AL16